

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik Jalan**

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar yang didapatkan dari suatu hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan perencanaan yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamirhan Saodang, 2010)

#### **2.2 Klasifikasi Jalan**

##### **2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan**

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri dari 4 golongan yaitu :

1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Jalan Lingkungan adalah jalan yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri jarak pendek dan kecepatan yang rendah.

### 2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Antar Kota

Fungsi Jalan	Kelas Jalan	Muatan Sumbu Terberat (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	
Lokal	III C	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

### 2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan ditentukan sebagai berikut :

- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

### 2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13 / 1970 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No.	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1.	Utama	I	> 20.000
2.	Sekunder	II A II B II C	6.000 sampai 20.000 1.500 sampai 8.000 < 20.000
3.	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

a. Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b. Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

– Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

– Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

– Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c. Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

Untuk melihat setiap kendaraan kedalam satuan mobil penumpang (smp), bagi jalan-jalan di daerah datar digunakan koefisien di bawah ini sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No. 13 / 1970 :

- Sepeda : 0,5
- Mobil Penumpang / Sepeda Motor : 1
- Truk Ringan ( Berat Kotor < 5 Ton ) : 2
- Truk Sedang ( Berat Kotor > 5 Ton ) : 2,5
- Bus : 3
- Truk Berat ( Berat Kotor > 10 Ton ) : 3
- Kendaraan Tak Bermotor : 7

Di daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedangkan untuk kendaraan tak bermotor tak perlu dihitung.

### 2.3 Bagian – Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (Wc)

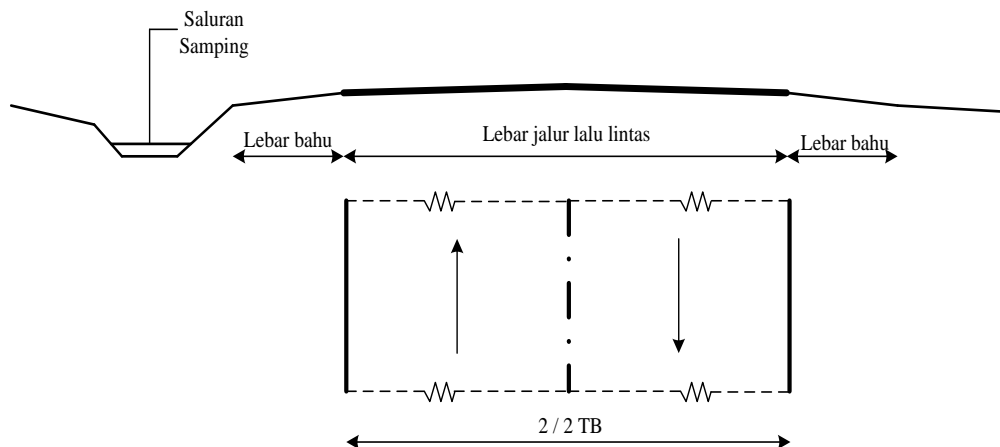
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (Ws)

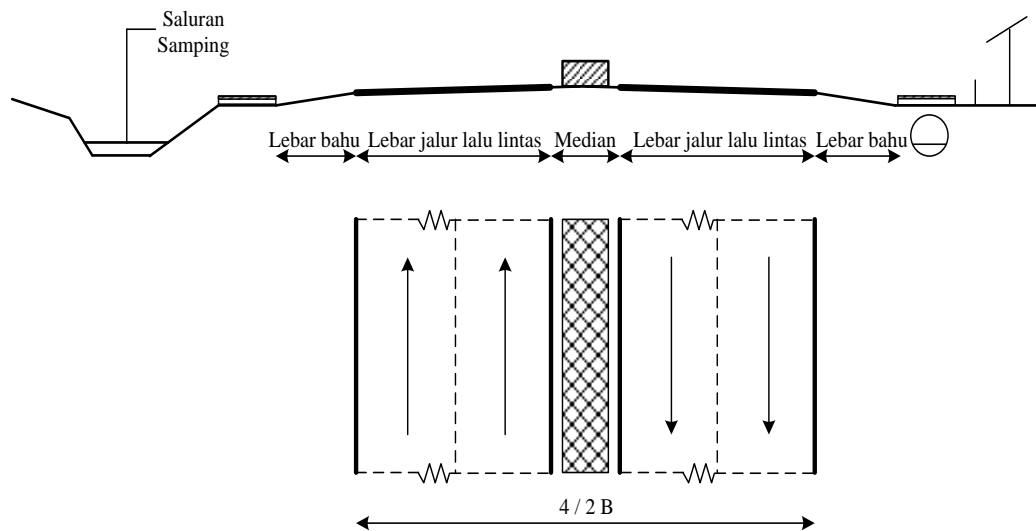
Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

3. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (dирendahkan / Ditinggikan).



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

Tabel 2.4 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan ( m )

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL				TIDAK DITENTUKAN	
> 25.000	2nx3,5	2,0	2x7,0	2,0	2nx3,5	2,0						

2n x 3,5 » 2 = 2 Jalur, n = Jumlah Lajur per Jalur, 3,5 = Lebar Per Lajur

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

### 2.3.1 Ruang Penguasaan jalan

#### 1. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA), dibatasi oleh :

Ruang manfaat Jalan adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman. Badan jalan meliputi lajur lalu lintas dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan :

- Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan ke dua sisi jalan.
- Tinggi 5 meter diatas permukaan perkerrasan pada sumbu jalan.
- Kedalaman ruang bebas 1,50 meter dibawah muka jalan.

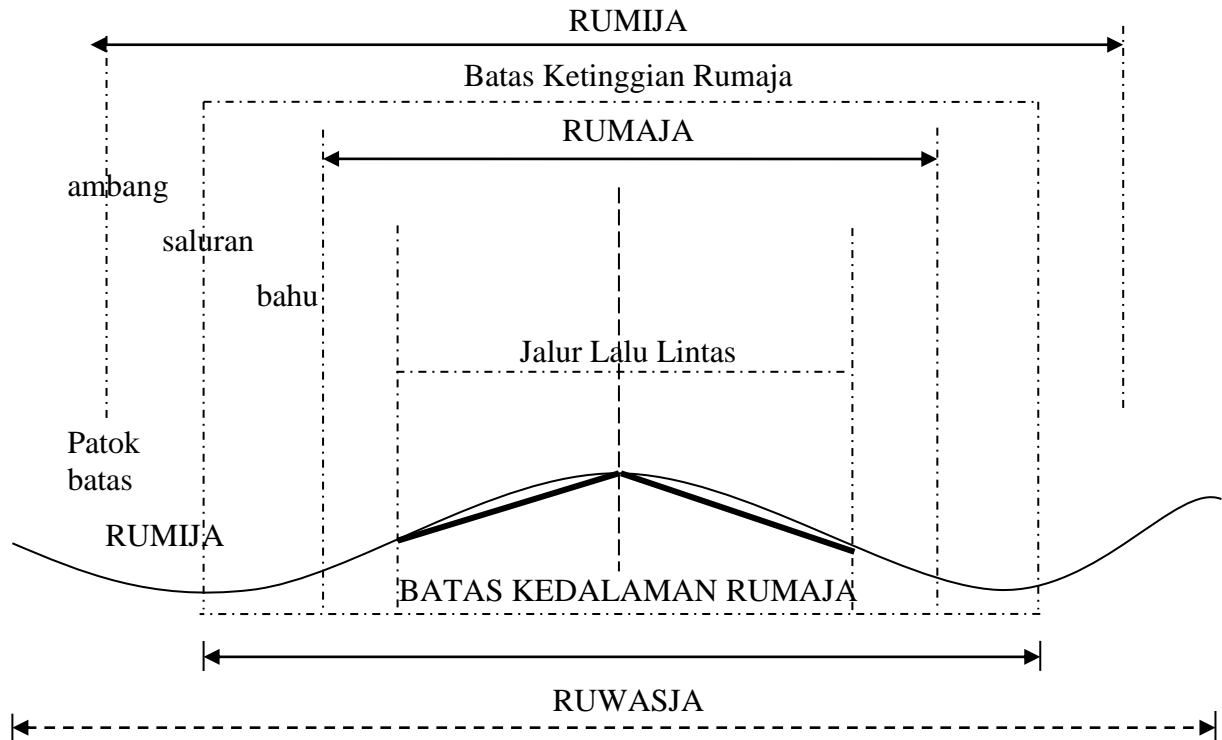
#### 2. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan adalah meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas kemusian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Ruang milik jalan juga merupakan ruang sepanjang jalan yang juga dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh pembini jalan dengan suatu hak tertentu, dan biasanya pada setiap jarak 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning. Ruang milik jalan adalah ruang dibatasi lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan setinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

#### 3. Ruang Pengawasan jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan adalah lajur lahan yang berada dibawah pengawasan pembinaan jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengendara kendaraan bermotor dan untuk pengaman konstruksi jalan dalam hal ruang milik jalan yang tidak mencukupi.

Ruwasja juga adalah ruang sepanjang jalan diluar Rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu (Lihat gambar 2.3).



Gambar 2.3 Rumaja, Rumija, Ruwasja di Lingkungan jalan antar kota.

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari :

- Jalur lalu lintas
- Median
- Bahu jalan
- Jalur pejalan kaki
- Selokan

## 2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

### 2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi :



1. Kendaraan Ringan / Kecil (LV)

Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan Sedang (MHV)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

3. Kendaraan Berat / Besar (LB-LT)

a. Bus Besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.

b. Truk Besar (LT)

Truk tiga gandar dan kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

4. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

5. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.5 Dimensi kendaraan rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan ( cm )			Tonjolan ( cm )		Radius Putar ( cm )		Radius Tonjolan ( cm )
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	90	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 038/T/BM/1997)

#### 2.4.2 Kecepatan Rencana

$V_R$  adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.  $V_R$  untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari tabel 2.6 untuk kondisi medan yang sulit,  $V_R$  suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana  $V_R$  , sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana $V_R$ , Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

### 2.4.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

#### 1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

#### 2. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, emp = 1,0).

Tabel 2.7 Eivalensi Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jep Station Wagon	1,0	1,0
2	<i>Pick Up</i> , Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

#### 3. Faktor (F)

Faktor F adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

#### 4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.8 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan volume lalu lintas rata-rata

VLHR	FAKTOR – K (%)	FAKTOR – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 - 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 - 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

#### 5. Kapasitas (C)

Volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat sopertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

#### 6. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam).

### 2.4.4 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut :

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak yaitu :

1) Jarak tanggap

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

2) Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti Minimum

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Jarak Pandang Henti (Jh) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p}$$

Dimana :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$F_p$  = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L}$$

Dimana :

$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$V_R$  = Kecepatan Rencana (km/jam)

$F_p$  = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

$L$  = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

b. Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan  $V_r$  dapat dilihat pada tabel 2.10 dan 2.11

Tabel 2.10 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
$J_h$ minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Tabel 2.11 Pandang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan  $V_r$

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_d$	800	675	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului ( $J_d$ ), dalam satuanmeter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = 0,278 t_1 \left( V - m + \frac{al_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot t_2$$

$d_3$  = diambil 30 – 100 meter

(berdasarkan buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

Dimana :

$d_1$  = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

$d_2$  = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

$d_3$  = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

$d_4$  = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan  $\frac{2}{3} d_2$  (m)

## 2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan mana situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Silvia Sukirman, 1999).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan).

### 2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, di tinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu  $\leq 2,5$  menit (sesuai  $V_r$ ).

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

### 2.5.2 Ketentuan Komponen Tikungan

#### 1. Jari-jari Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10 %. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.15

Tabel 2.13 Panjang Jari-Jari Minimum untuk emaks = 10 %

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Jari-jari tikungan minimum ( $R_{min}$ ) ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (m)$$

Ket :

$R_{min}$  = Jari-jari tikungan minimum (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

$e_{maks}$  = Superelevasi maksimum

f = Koefisien



## 2. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Telah dijelaskan bahwa, kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul kerana kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak diadakan kemiringan.

Tabel 2.14 Jari-jari yang diijinkan tanpa superelevasi (Lengkung Peralihan)

Kecepatan Rencana – Vr (Km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar kota No. 38/T/BM/1997)

## 3. Lengkung Peralihan

Perubahan arah, yang harus diikuti oleh suatu kendaraan yang melintasi bagian lurus menuju suatu lengkungan berupa busur lingkaran, secara teoritis harus dilakukan dengan mendadak, yaitu R tidak berhingga menuju R tertentu.

Secara praktis hal ini tidak mungkin dilakukan oleh ban kendaraan, karena harus membuat sudut belokan tertentu pengemudi memerlukan jangka waktu tertentu, berarti perlu jarak tertentu pula. Demikian pula gaya sentrifugal akan timbul secara mendadak yang akan membahayakan pengemudi.

Oleh sebab itu agar kendaraan tidak menyimpang dari lajunya, dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari  $R = \infty$  ke  $R = R_c$  yang disebut lengkung peralihan.

Adapun nilai yang diambil adalah

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung:

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V_R^e}{C}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kemiringan :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e}$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

C = perubahan percepatan diambil 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det<sup>2</sup>

R = jari-jari busur lingkaran (m)

$e_m$  = Superelevasi maksimum

$e_n$  = Superelevasi Normal

$r_e$  = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m./detik)

Untuk  $V \leq 70$  km/jam,  $\Gamma e = 0,035$  m/m/dt

Untuk  $V_R \geq 80$  km/jam,  $\Gamma e = 0,025$  m/m/dt

Tabel 2.15 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

VR (Km/ jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Jalan kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

#### 4. Bentuk-bentuk Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

a. Bentuk tikungan *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Lengkung peralihan
2. Kemiringan melintang (superelevasi)
3. Pelebaran Perkerasan Jalan
4. Kebebasan samping

*Full Circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan super elevasi yang besar.

Jenis tikungan *Full Circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan. Bagi pengendara dan kendaraannya, karena sudut tikungnya tidak terlalu tajam. Tetapi apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Untuk tikungan yang jari-jari lebih kecil dari harga diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral-circle-spiral*.

Disamping ketentuan jari-jari lengkung minimum diatas ada ketentuan lain yang harus kita penuhi, yaitu :

$$T_c = R \cdot T_g \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta$$

$$E_c = T \cdot T_g \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

Dimana :

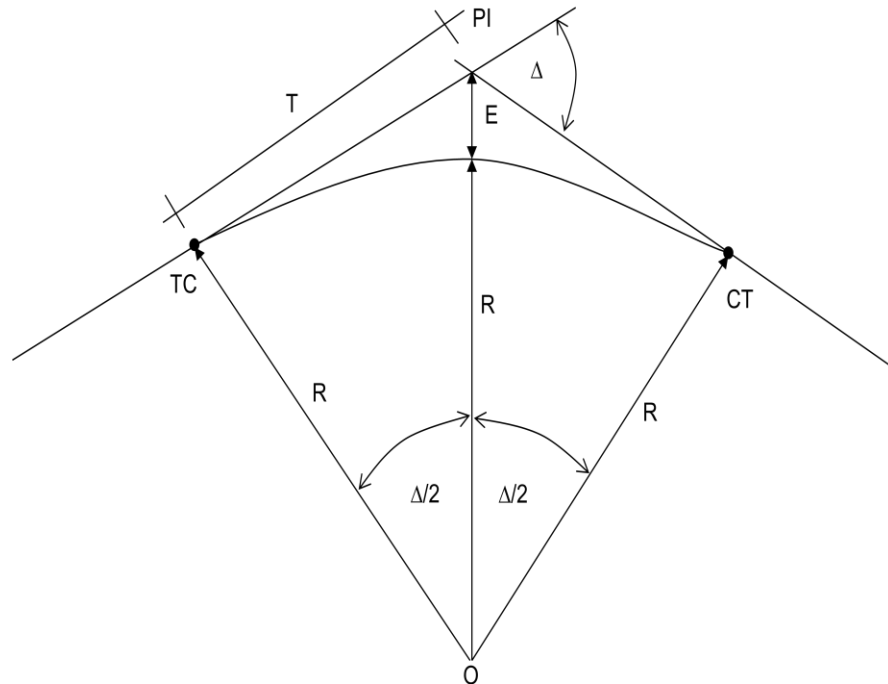
$\Delta$  = sudut tikungan atau sudut tangen ( $^{\circ}$ )

$T_c$  = Jarak  $T_c$  dan  $P1$  (m)

$R$  = Jari-jari (m)

$L_c$  = Panjang Tikungan (m)

$E_c$  = Jarak  $P1$  ke lengkungan peralihan



Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

$\Delta$  = sudut tikungan

$T_c$  = panjang tangen jarak dari  $TC$  ke  $P1$  atau  $P1$  ke  $CT$

$R$  = jari-jari lingkaran

$L'$  = panjang busur lingkaran

$E_c$  = jarak luar dari  $P1$  ke busur lingkaran

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

*Spiral circle spiral* adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke *circle* yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya *sentrifugal* dari nol sampai ada nilai gaya *sentrifugal*.

Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perencanaan suatu jalan, karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu :

1. Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,18

Rumus :

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(m) \quad T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots(m)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \dots\dots\dots(m) \quad E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots(m)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(^0) \quad P = \frac{L_s^2}{6 R} - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots(m)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(m) \quad L_c = \frac{\Delta_c}{180} \pi R \dots\dots\dots(m)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(m) \quad \theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} \dots\dots\dots(^0)$$

Keterangan:

$X_s$  = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC  
(jarak lurus lengkung peralihan), (m)

$Y_s$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

$L_s$  = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

$L_c$  = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

$T_s$  = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

$E_s$  = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

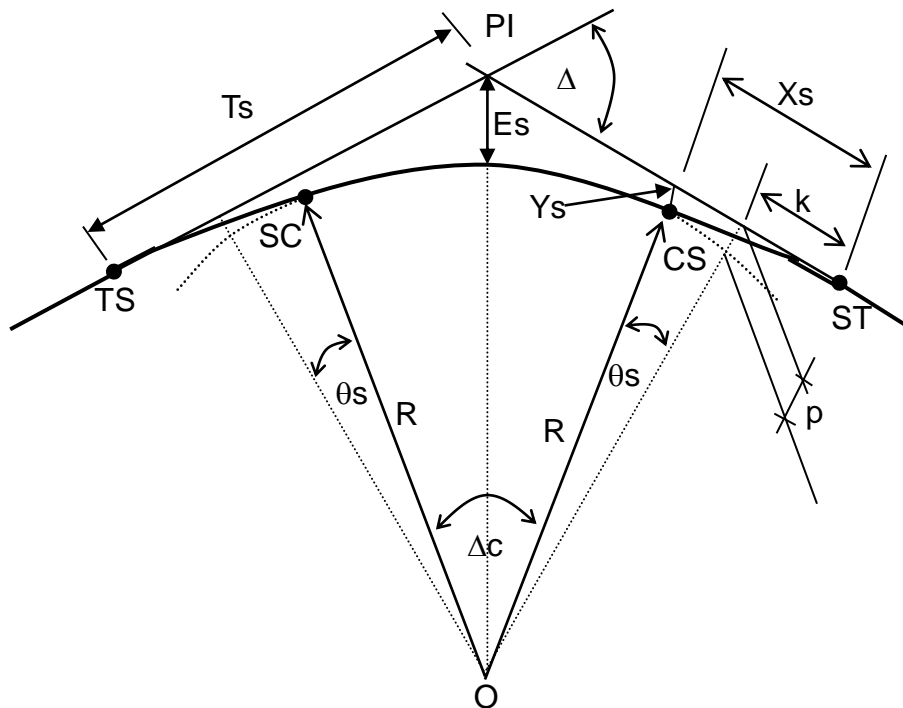
- $\Delta$  = sudut tikungan, ( $^{\circ}$ )  
 $\Delta_c$  = sudut lengkung *circle* ( $^{\circ}$ )  
 $\theta_s$  = sudut lengkung spiral, ( $^{\circ}$ )  
 $R$  = jari-jari tikungan, (m)  
 $p$  = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)  
 $k$  = absis p pada garis tangen spiral, (m)  
 $L$  = panjang tikungan SCS, (m)

Kontrol :

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m , maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

Jika P yang di hitung dengan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24 \cdot Rc} < 0.25 \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$



Gambar 2.5 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Keterangan :

$X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dan titik TS ke SC

$Y_s$  = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

$L_s$  = Panjang Lengkung Peralihan

$L'$  = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS)

$T_s$  = Panjang tangen (dari titik P1 ke TS atau ke ST)

TS = Titik dari tangen ke *spiral*

SC = Titik dari *spiral* ke lingkaran

$E_s$  = Jarak dari P1 ke lingkaran

$R$  = Jari-jari Lingkaran

$P$  = Pergesekan tangen terhadap *spiral*

$K$  = Absis dari P pada garis tangen *spiral*

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen

$\Theta_s$  = Sudut lengkung *spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung Horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral Circle Spiral*, yaitu :

Rumus :

$$L_s = \frac{\Theta_s \cdot R}{28,648}$$

$$T_s = (R + P) \operatorname{Tg} \frac{1}{2} \Delta + K$$

$$E_s = \frac{(R + P) - R}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2} \Delta}$$

$$L = 2 \cdot L_s$$

$$K = k^* \cdot L_s$$

$$P = p^* \cdot L$$





Tabel 2.16 Tabel p dan k untuk  $L_s = 1$ 

qs (*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*
0,5	0,0007272	0,4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4943141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322

10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	37.5	0.0602997	0.4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

#### d. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu yaitu berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

- 1) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung,
- 2) Pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal samapi lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan samapi superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- 3) Pada tikungan *Full Circle* , pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $\frac{2}{3}$  Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $\frac{1}{3}$  Ls.
- 4) Pada tikungan *Spiral-Spiral*. Pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral

- 5) Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN)

Tabel 2.17 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ( $e_{maks} = 10\%$ , metode Bina Marga)

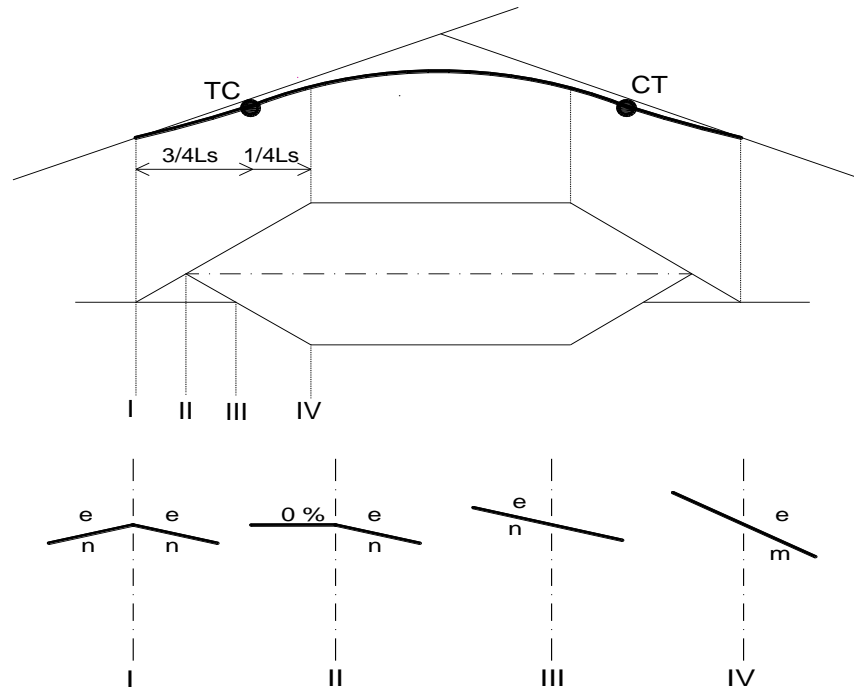
D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	Lp	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75

6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82		
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60			
9.000	179	0.074	45	0.091	60	0.099	60			
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12				
11.000	130	0.083	45	0.098	60					
12.000	119	0.087	45	0.100	60					
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79						
14.000	102	0.093	45							
15.000	96	0.096	45							
16.000	90	0.097	45							
17.000	84	0.099	45							
18.000	80	0.099	45							
19.000	75	D maks = 18,8								

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

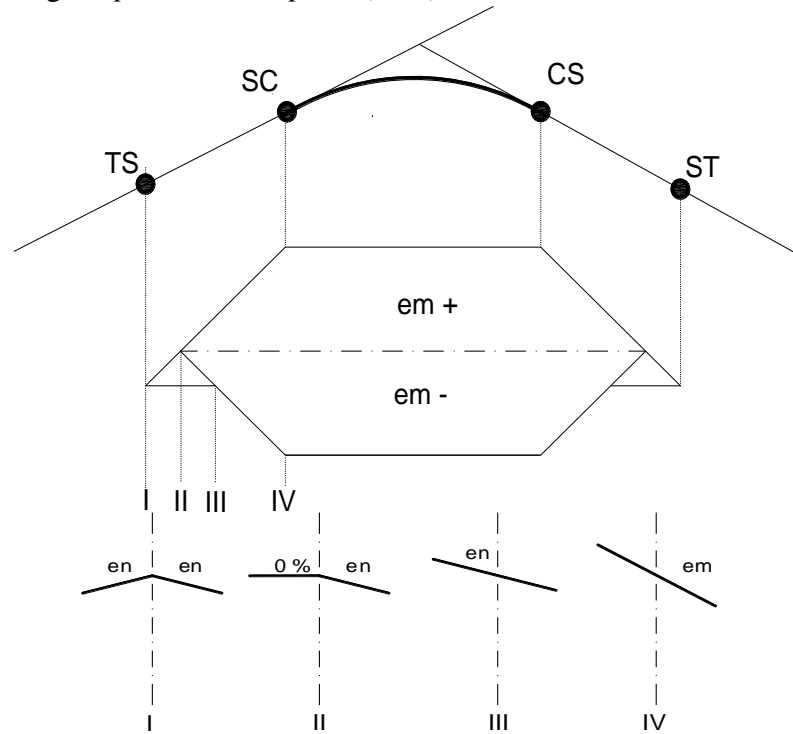
Diagram superelevasi

a. Tikungan *Full Circle* (FC)



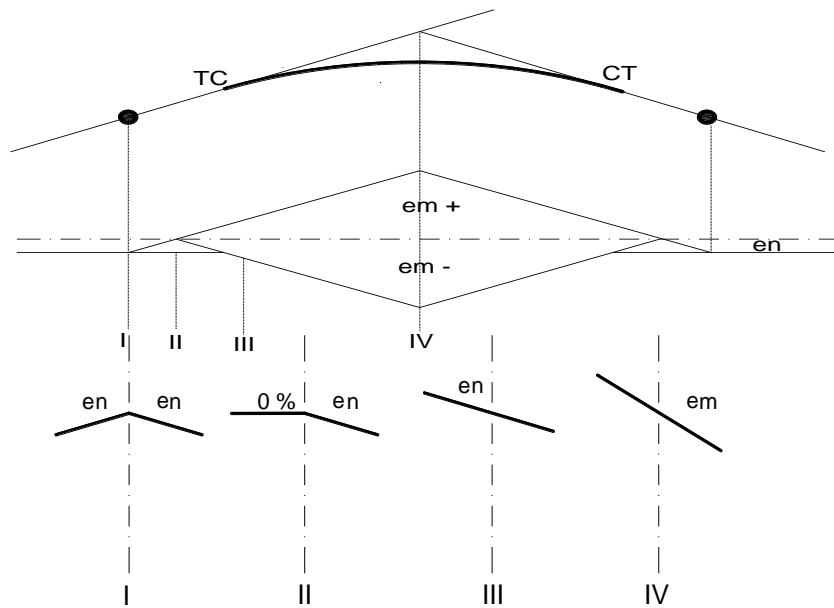
Gambar 2.7 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)



Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)



Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan :

1. Potongan I, kemiringan permukaan perkerasan jalan bersifat normal, yaitu sebagian miring kekiri dan sebagian lagi miring kekanan.
2. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.
3. Potongan III, bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.
4. Potongan IV, baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Kondisi seperti ini akan bertahan sampai sepanjang lengkung circle (khusus tikungan SS hanya pada satu titik), yaitu sampai titik CS. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur kembali ke bentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi ke bentuk potongan I, yakni bentuk normal.

### 2.5.3 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas ditikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\} + 64 - \sqrt{(Rc^2 - 64)} + 1,25} \dots\dots\dots (m)$$

Dimana :

$B$  = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

$R_c$  = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan ( $R_c$ ) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(m)$$

Dimana :

$R$  = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

$B_n$  = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

$b$  = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$B_t = n ( B + C ) + Z \dots\dots\dots(m)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah jalur lalu lintas

$B$  = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

$C$  = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan = 1,0 m

$Z$  = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

$$\Delta b = B_t - B_n$$

$\Delta b$  = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan ( $Z$ ) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (m)$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan Rencana (km / jam)



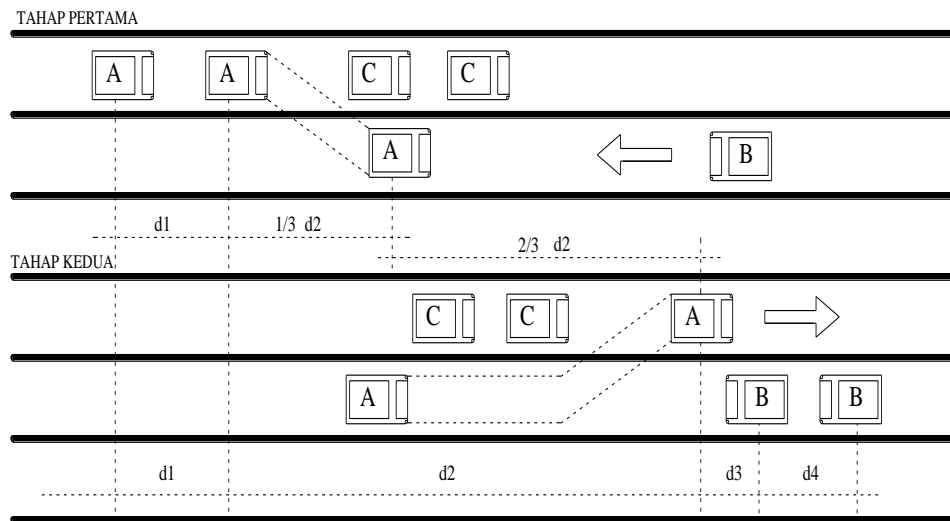
$R$  = Jari-jari tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

#### 2.5.4 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas.



Gambar 2.10 Jarak Pandang Mendahului

Ket :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan Jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

### 2.5.5 Kebebasan Samping pada Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan Jh.

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Jika  $J_h < L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

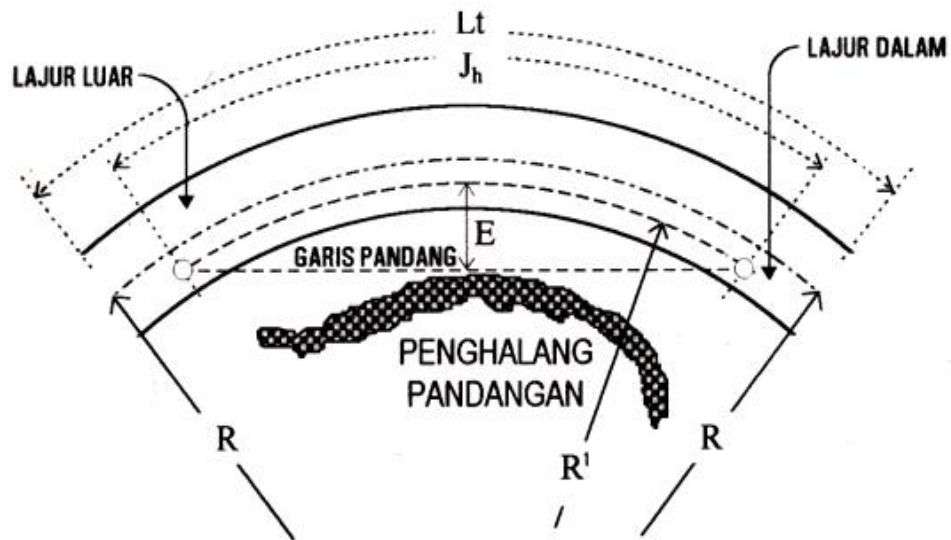
Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = panjang Tikungan (m)

Tabel 2.18 Nilai E untuk  $J_h < L_t$ 

R (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120			
	J = 16	27	40	55	75	120	175	250			
5000	1,6 2,1 R <sub>max</sub> = 15	R <sub>max</sub> = 30	R <sub>max</sub> x = 50	R <sub>max</sub> = 80	R <sub>max</sub> = 115	R <sub>max</sub> = 210	R <sub>max</sub> = 350	1,6			
3000								2,6			
2000								1,9	3,9		
1500								2,6	5,2		
1200								1,5	3,2	6,5	
1000								1,8	3,8	7,8	
800								2,2	4,8	9,7	
600								3,0	6,4	13,0	
500								3,6	7,6	15,5	
400								1,8	4,5	9,5	R <sub>max</sub> = 500
300								2,3	6,0	R <sub>max</sub> = 350	R <sub>max</sub> = 210
250								1,5	2,8	7,1	
200								1,9	3,5		
175								2,2	4,0		
150								2,5	4,7		
130								1,5	2,9	5,4	
120								1,7	3,1	5,8	
110								1,8	3,4		
100								2,0	3,8		
90								2,2	4,2		
80								2,5	4,7		
70								1,5	2,8	R <sub>max</sub> = 80	R <sub>max</sub> = 350
60								1,8	3,3		
50								2,3	3,9		
40								3,0	R <sub>max</sub> x = 50		
30								R <sub>max</sub> = 30			
20								1,6			
15								2,1			
								R <sub>max</sub> = 15			

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997).



Gambar 2.11 Daerah bebas samping ditikungan untuk  $J_h < L_t$

b. Jika  $J_h > L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

Dimana :

$E$  = jarak bebas samping (m)

$R$  = jari-jari tikungan (m)

$R'$  = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

$J_h$  = jarak pandang henti (m)

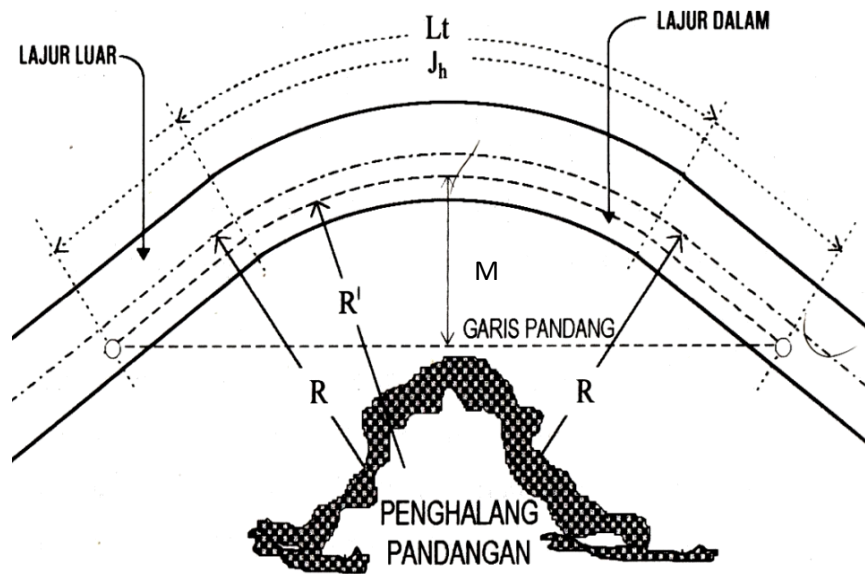
$L_t$  = panjang Tikungan (m)

Nilai  $E$  (m) dapat dilihat pada tabel 2.13

Tabel 2.19 Nilai E untuk  $J_h > L_t$ 

R (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J = 16	27	40	55	75	120	175	250
6000	1,5 1,6 1,9 2,2 2,6 3,3 4,4 6,4 8,4 R <sub>max</sub> = 15	2,9 3,2 3,7 4,3 5,1 6,4 8,4 R <sub>max</sub> = 30	5,0 5,6 6,4 7,4 8,8 R <sub>max</sub> x = 50	7,9 8,9 R <sub>max</sub> = 80	9,7 R <sub>max</sub> = 115	10,1 R <sub>max</sub> = 210	12,2 R <sub>max</sub> = 350	18,6 R <sub>max</sub> = 500
5000								
3000								
2000								
1500								
1200								
1000								
800								
600								
500								
400								
300								
250								
200								
175								
150								
130								
120								
110								
100								
90								
80								
70								
60								
50								
40								
30								
20								
15								

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.12 Daerah bebas samping ditikungan untuk  $J_h > L_t$

Keterangan Rumus :

$$M = R ( 1 - \cos \Theta ) + \frac{1}{2} ( S - L ) \sin \Theta$$

Dimana :

M = jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

$\Theta$  = setengah sudut pusat sepanjang L ( ° )

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = jarak pandangan (m)

L = panjang tikungan (m)

## 2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

### 2.6.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya jarak pendek.

Tabel 2.20 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
$V_R$ ( km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

( Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997 )

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana ( $V_R$ ). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)





Dimana :

$x$  = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

$y'$  = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antar garis kemiringan dengan lengkungan (m).

$g_1, g_2$  = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

$L_v$  = Panjang lengkung vertikal (m)

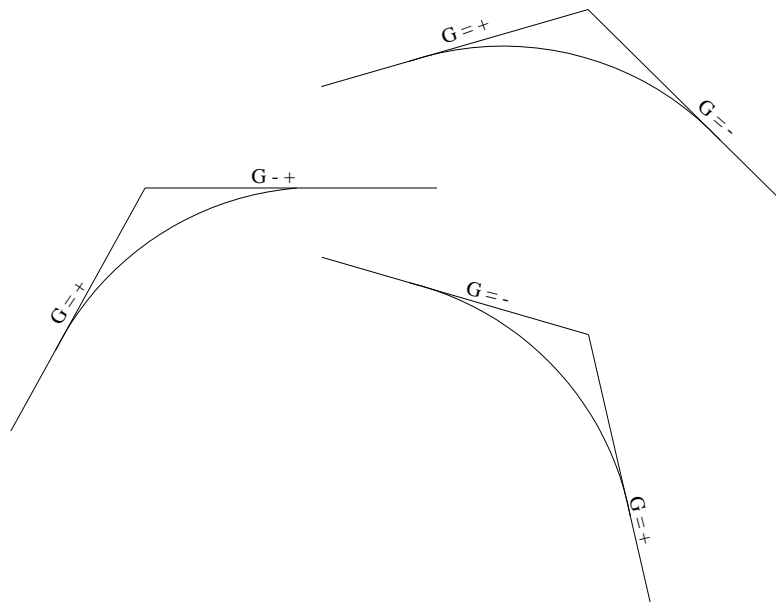
Untuk  $x = \frac{1}{2} L_v$ , maka  $y' = E_v$  dirumuskan sebagai :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1) L_v}{200 L}$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

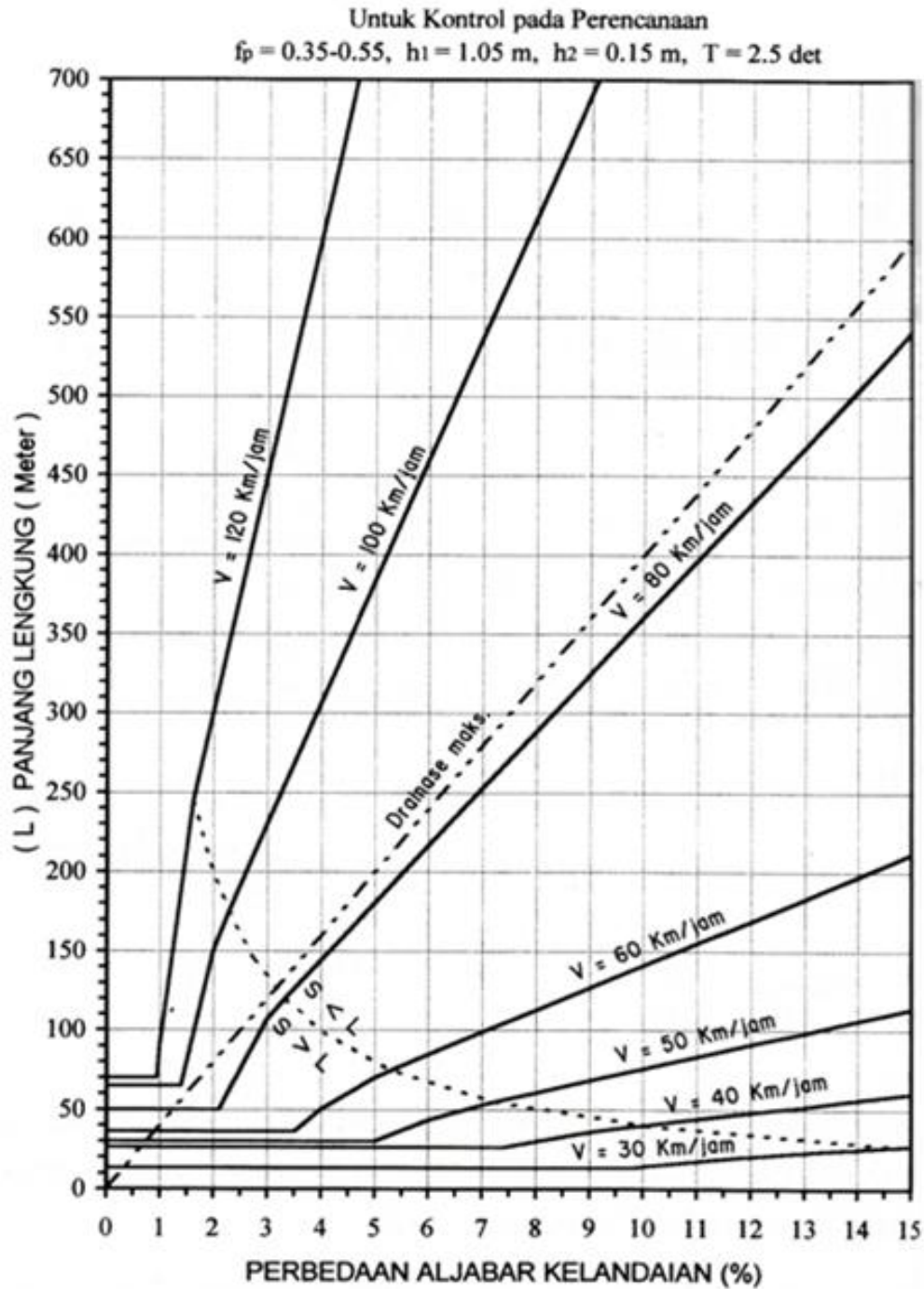
a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

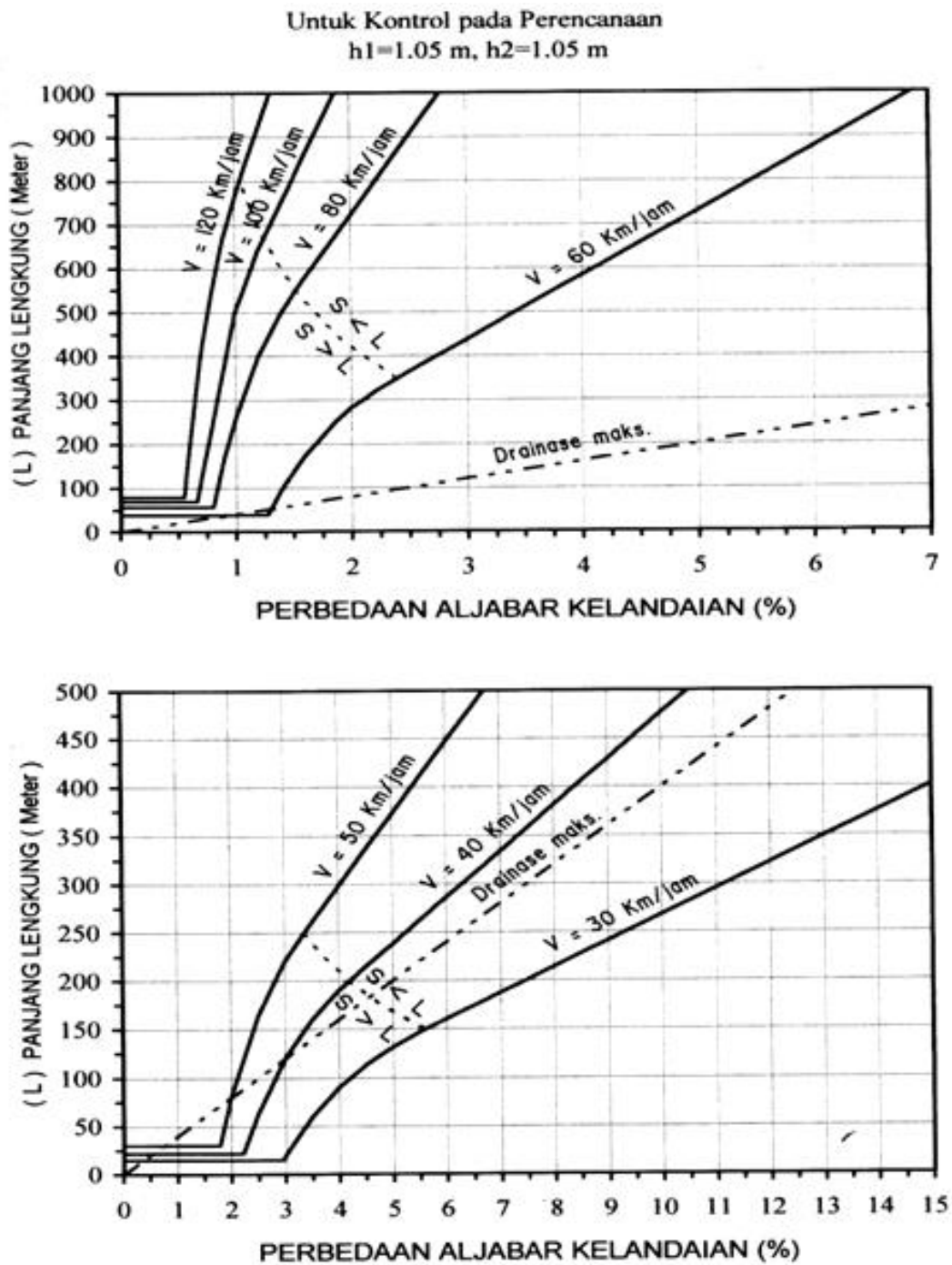


Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung ( $L_v$ ) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.15 (untuk jarak pandang henti).



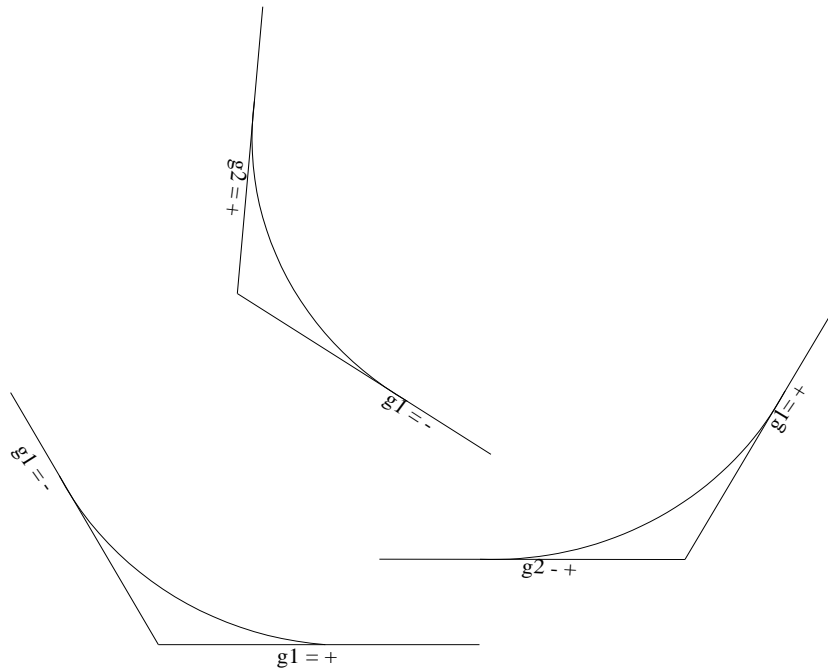
Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung  
 berdasarkan Jarak Pandang Henti ( $J_h$ )



Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

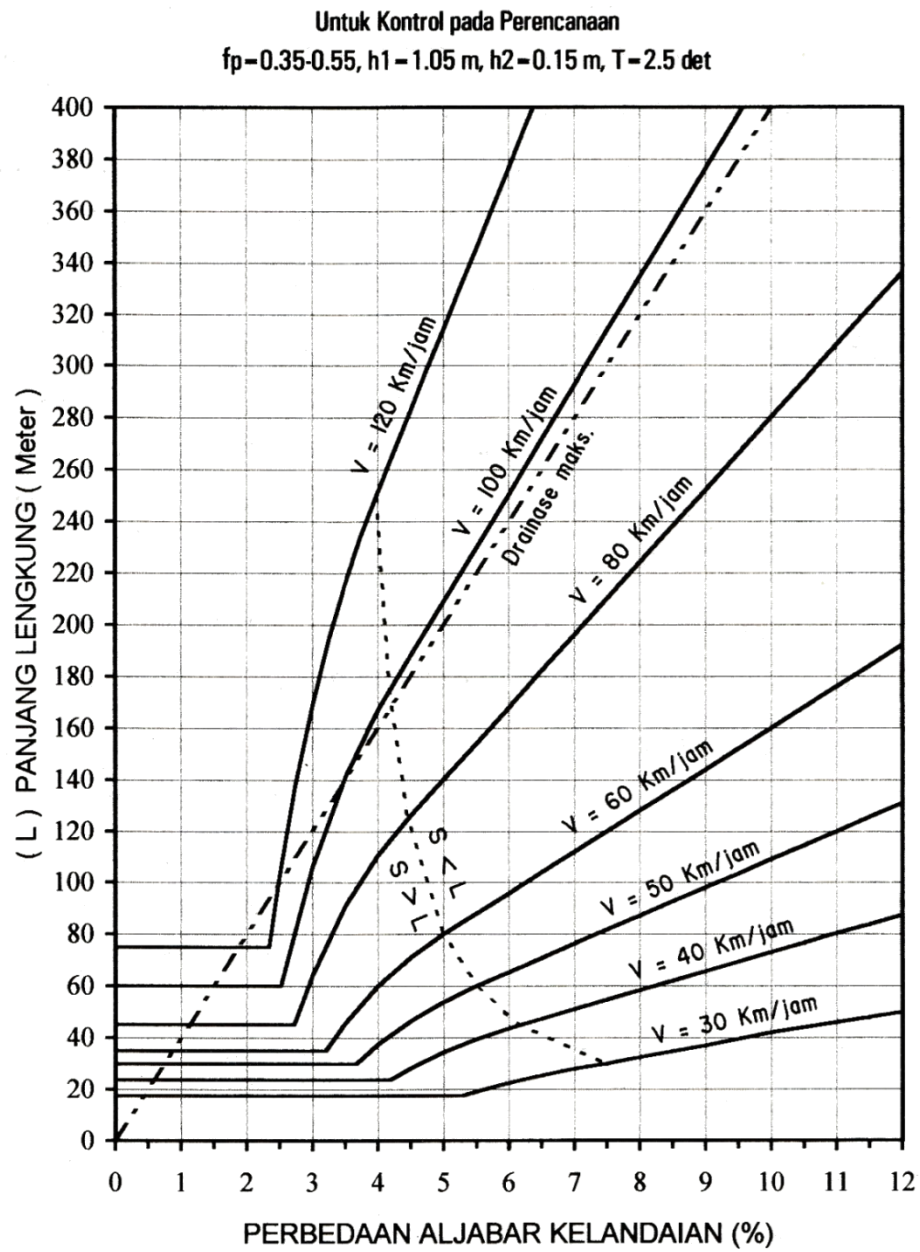
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar



Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

## 2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan – bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

### 2.7.1 Kriteria Perancangan

- a. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.22 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan ( L )	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

## b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Tabel 2.23 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana ( $D_L$ )

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *		Kendaraan Berat **	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

Keterangan : \*) Mobil Penumpang

\*\*) Truk dan Bus

## c. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Tabel 2.24 Tingkat Reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
3. Pilih deviasi standar ( $S_0$ ) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai  $S_0$  adalah 0,35 – 0

Tabel 2.25 Deviasi Normal Standar  $Z_R$  untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-2,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

#### d. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur palayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya



adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*Surface Drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode *time-to-drain*. *time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T_{50} \times m_d \times 24$$

Dimana :

$t$  = *time-to-drain* (jam)

$T_{50}$  = *time* faktor

$m_d$  = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan *drainase*.

Faktor-faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan slope faktor ( $S_1$ ) dengan persamaan berikut :

$$S_1 = \frac{(L_R \times S_R)}{H}$$

Dimana :

$$L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2}$$

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

$H$  = Tebal dari lapisan fermeable (ft)

Nilai " $M_d$ " dihitung dengan persamaan :

$$M_d = \frac{N_e \cdot L_R^2}{K \cdot H}$$

Dimana :

$N_e$  = Porositas efektif lapisan *drainase*

$k$  = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet*/hari

$L_R$  = Resultan Panjang (*feet*)

$H$  = Tebal lapisan *drainase* dalam *feet*

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}}$$

Dimana :

$K$  = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet*/hari

$P_{200}$  = Berat agregat yang lolos saringan no.200 dalam %

$D_{10}$  = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

$n$  = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien *drainase* yang akan digunakan mencakup :

#### 1. Menghitung Porositas Material

$$n = 1 - \left( \frac{\gamma_d}{62,4 G} \right)$$

Dimana :

$n$  = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume dan total volume

$\gamma_d$  = Kepadatan kering dalam lb/ft<sup>3</sup>

$G$  = Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5 – 2,7

#### 2. Menghitung Resultan Kemiringan ( *Slope Resultant* )

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

Dimana :

$S_R$  = Resultan Kemiringan (%)

$S$  = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

$S_x$  = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

#### 3. Menghitung Resultan Panjang ( *Length Resultant* )

$$L_R = L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2}$$

Dimana :

$L_R$  = Resultant Panjang ( *feet* )

$W$  = Lebar Lapisan *Drainase* ( *feet* )

$S$  = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

$S_x$  = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

Koefisien *drainase* untuk mengakomodasikan kualitas sistem *drainase* yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas *drainase*.

e. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana ( $IP_t$ ), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.26 dibawah ini :

Tabel 2.26 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada akhir umur rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana ( $IP_t$ )
Bebas Hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) untuk berapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.27 dibawah ini :

Tabel 2.27 Indeks Pelayanan pada awal Umur Rencana ( $IP_0$ )

Jenis lapis perkerasan	$IP_0$
Lapis beton aspal ( Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi ( Laston Modifikasi/AC-mod)	$\geq 4$
Lapis tipis beton aspal ( Lataston/HRS)	$\geq 4$

### 2.7.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

1. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
2. Kekuatan Beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
3. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
4. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

- a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

- b. Metode NAASRA, Australia Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.

- c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21

*Road Note 29* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

- d. Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.

e. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

(Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

### 2.7.3 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

#### 1. Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien kekuatan *relative* bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah.

Tabel 2.28 Koefisien Kekuatan Relative bahan jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan						Koefisien kekuatan relative		
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (kPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(Mpa)	(x1000psi)							
1. Lapis permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3200 <sup>(5)</sup>	460	1000				0,414		
- Lapis antara modifikasi	3500 <sup>(5)</sup>	508	1000				0,360		
- Laston									
- lapis aus	3000 <sup>(5)</sup>	435	800				0,400		
- lapis antara	3200 <sup>(5)</sup>	464	800				0,344		
- lastaston									
- lapis aus	2300 <sup>(5)</sup>	340	800				0,350		

2. lapis pondasi									
- lapis pondasi laston modifikasi	3700 <sup>(5)</sup>	536	2250 <sup>(2)</sup>					0,305	
- lapis pondasi laston	3300 <sup>(5)</sup>	480	1800 <sup>(2)</sup>					0,290	
- lapis pondasi laston	2400 <sup>(5)</sup>	350	800						
- lapis pondasi lapen								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 <sup>(3)</sup>				0,230	
CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 <sup>(4)</sup>				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 <sup>(4)</sup>				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

Keterangan :

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang

dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.

2. Diameter benda uji 60 inchi
3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4. Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006)

## 2. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai degan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.30 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.29 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20 – 70 km/jam	Kecepatan kendaraan $\geq 70$ km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
$\geq 30$	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

### 3. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.30 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.30 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB	6,0	15,0
- CTRB	6,0	15,0



- CMRFB	6,0	15,0
- CTSB	6,0	15,0
- CTRSB	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

#### 4. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log (W18)} = \text{ZR} \cdot \text{S0} + 9,36 \times \log_{10} (\text{SN} + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \left[ \frac{\Delta \text{IP}}{\text{IP0} - \text{IPf}} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10} (\text{MR}) - 8,07$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt)= volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

ZR = deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata – ratanya.

S0 = gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

$\Delta \text{IP}$  = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPf).

MR = modulus resilien tanah dasar efektif (psi). (MR = 1500 x CBR)

IPf = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5).

5. Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W18) adalah sesuai prosedur.

6. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

7. Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

8. Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relative setiap lapisan perkerasan dengan rumus.

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$  = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

$D_1 D_2 D_3$  = tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan

$m_1 m_2$  = koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3, masing – masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

9. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur

perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPT) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai structural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai structural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai structural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan

modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 MPa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

## 2.8 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari mulai hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

### 1. RKS (Rencana Kerja dan Syarat)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (*owner*).

#### a. Syarat-syarat umum

Menjelaskan pasal-pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut.

#### b. Syarat-syarat administrasi

Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.

Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut : Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.

Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut : ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat-syarat penawaran,

ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi.

c. Syarat teknis

Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan *finishing*. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB adalah perencanaan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya.

a. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

b. Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya.

c. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan konstruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

- Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri.

- Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

- d. Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

- e. Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

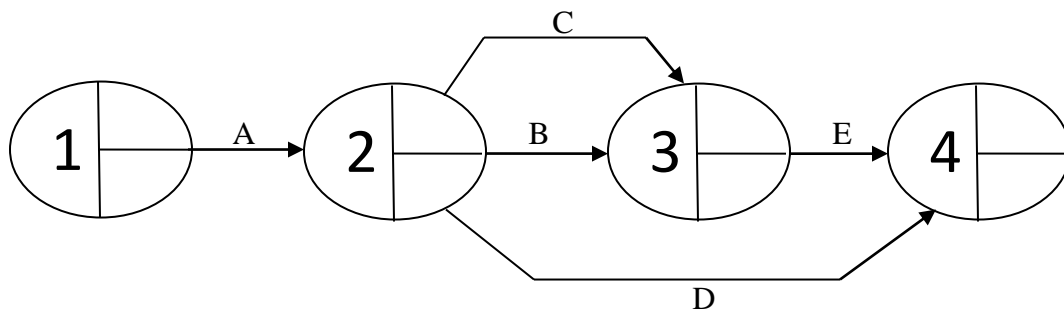
- 3. Rencana Pelaksanaan

- a. NWP

Dalam *Network planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya. Pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

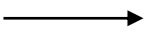

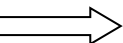
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

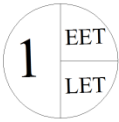
- i. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
- ii. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- iii. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu
- iv. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.19 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

1.  (*Arrow*) anak panah, merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resource* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
2.  (*Node/event*) lingkaran, yang berarti saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini merupakan permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (*Double arrow*) anak panah sejajar, merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).

4. -----> (*Dummy*) anak panah dengan garis putus-putus, artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
1. = Nomor kejadian
5.  EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
6. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
7. A, B, C, D merupakan kegiatan.
- b. *Barchat*
- Barchat*, berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya penggunaan suatu alat dan bahan yang diperlukan sehingga tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.
- c. Kurva S
- Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lamanya waktu yang diperlukan sampai akhir pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan.